

無線センサネットワークの省電力化のための OpportunisticsNC 適用検討

南川 清哉† 白石 朋広‡
† 関西大学環境都市工学部

安達 直世† 滝沢 泰久†
‡ 関西大学大学院理工学研究科

1 はじめに

近年、「Internet of Things(以降、IoT)[1]」という考え方が注目されている。IoT では論理情報のみならず、現実世界のあらゆるものの物理情報もインターネットに取り込み、新たなサービスを創出することを目指して、活発に研究が行われている。それを実現するための技術の1つとして、無線センサネットワークがある。これは、複数のノードを広範囲に分布させることによって、それらが協調し、環境や物理的な状況などのデータを採取することが可能となるものである。

無線センサネットワークの特徴の1つは、ネットワークを構成するセンサノードがバッテリー駆動であることである。そのため、分布させたセンサノードは充電できず、使用できる電力に制限がある。2つ目の特徴は、構成されたネットワークを用いた計測期間が長期であることである。この構成において、センサノードやセンサネットワーク全体のライフタイムを長くするために、消費電力を抑制する技術 [2] が必要となってくる。

既存の省電力技術の方式は大きく2つに大別できる。1つは各ノード間の送信回数の削減によって消費電力を削減する方式、もう1つは不要なノードをスリープ状態にしてしまうことで消費電力を削減する方式である。しかし、これらの方式ではアプリケーションレベルでのデータ精度が低下してしまうという問題がある。そこで、上記問題を解決するため、無線センサネットワークに、ネットワークコーディング(以降、NC)を適用し、データ精度を低下させることなく省電力化を図る方式について検討する。

NC とは、マルチホップ通信において、中継ノードにて1つの送信パケットに他のノードのデータを重ねてコード化しブロードキャスト通信で送信、受信側でそれをデコードする技術のことである。これにより、スループットの向上が図れ、送信回数を削減できると考える。しかし、従来のNC[3]を行うためには、経路が対称(往復経路が同じパスで構成)である(以降、ChainNC)ことが条件となる。これでは、NC機会が得られにくく、パケット待機によるEnd-End遅延時間が長くなってしまふ。この遅延時間を短くするためには、NC機会を増やすことが必要となる。

そこで本稿では、NC機会を増やすために Opportunistics

ネットワークコーディング [4] (以降、OpportunisticsNC)を適用し、送信回数の抑制による省電力とデータ精度の維持を最適化するための OpportunisticsNC のメトリックについて考察する。

2 ネットワークコーディングの動作

2.1 ChainNC

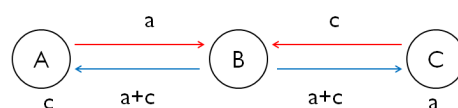


図 1: ChainNC

図1にChainNCの動作例を示す。ノードA、CがノードBを介して双方向通信を行う。まず、ノードA、CはノードBに対してそれぞれパケットa、cを送信する。2つのパケットを受け取った中継ノードBはXORによる符号化パケットa+cを作成し、ノードA、Cは受信した符号化パケットを自信が送信したパケットを用いて復号し、それぞれパケットc、aを得る。

従来の2-hopユニキャスト通信では、全体で4回の通信を行わなければならなかったが、NCを適用することで3回に削減することができる。

2.2 OpportunisticsNC

2.2.1 OpportunisticsNCの動作

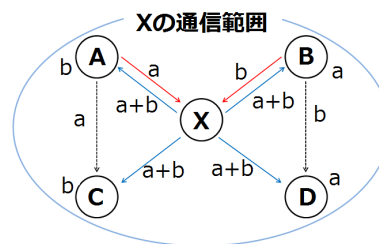


図 2: OpportunisticsNC

図2にOpportunisticsNCの動作例を示す。ノードA、BがノードXを介して通信を行う。まず、ノードA、BはノードXに対してそれぞれパケットa、bを送信する。その際、ノードC、Dはそれぞれパケットa、cを傍受する。2つのパケットを受け取った中継ノードXはXORによる符号化パケットa+bを作成し、Xの通

信範囲内にあるノード A、B、C、D それぞれに送信する。ノード A、B は受信した符号化パケットを自身が送信したパケットを用いて、ノード C、D は傍受したパケットを用いて復号することによって、それぞれパケット b、a を得る。

2.2.2 OpportunisticsNC の適用方式

OpportunisticsNC では、経路が対称でなくとも、中継ノードを介して行われる近傍ノードの間の通信に対して NC 可能であるかどうかを、配信確率を基にして計算することによって判断する。

無線センサネットワークにおける通信では、データ送信先だけでなく、データを送信するノードの通信範囲内に含まれるノードは、そのデータを傍受している。その性質を活かし、本来ならば、上位レイヤに転送されることなく破棄される傍受データを、符号化パケット復号用に保存しておく。また、送信されるデータパケットには IP ヘッダと MAC ヘッダの間に NC ヘッダを付加する。この NC ヘッダには符号化されるパケット情報、Reception Report(以降、R.R.)、ACK 情報の 3 つのブロックが含まれる (図 3 に示す)。

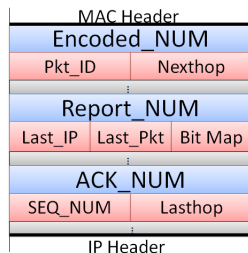


図 3: OpportunisticsNC ヘッダ形式

この中の R.R. を用いて、配信確率を算出する。この確率は、パケットの前ホップと近傍との間の直近の傍受確率であり、これを該当近傍ノードがパケット傍受する確率 P(以降、推定傍受確率) として次のように算出する。

$$P = X \times Y \tag{1}$$

式 (1) により算出された推定傍受確率 P が閾値 G より高い場合、R.R. の送信元近傍ノードが所望パケットを傍受しているとして、符号化を行い、パケット送信する (X は受信パケットの次ホップ R.R.、Y はキュー内パケットの次ホップ R.R. をさす)。これによって計算される確率はあくまでも推定確率であり、近傍ノードが符号化パケットを傍受していることは保証されない。そこで、符号化パケット受信近傍ノードは次の送信時の際に NC ヘッダ内に ACK 情報を含め送信する。これを符号化パケット送信元ノードが傍受し (PassiveACK)、

NC 送信成功と判断する。ACK が一定間隔内に傍受されなければ、当該パケットを別の組み合わせによって符号化し、再送されるようにする。

3 OpportunisticsNC メトリックの考察

NC 条件の基準となる閾値 G は、低く設定すれば NC 機会が増えるが、再送処理確率が高くなる。一方高く設定すれば、再送処理確率が低くなるが、NC 機会が減る。そのため、トラフィック状況とネットワークトポロジに応じて、送信回数を最適化する閾値 G を各ノードにおいて動的に制御する必要がある。

推定傍受確率 P は、基準となる R.R. のウィンドウサイズによる影響を受ける。ウィンドウサイズを大きくとれば、確率の精度が高くなるが、トラフィック状況の変動に対して鈍感となる。逆に小さくとれば、トラフィック状況の変動に対して敏感であるが、確率精度が低下する。そのため、適切なウィンドウサイズの検討が必要である。

4 おわりに

以上のように、OpportunisticsNC は NC の特徴である省電力化及びデータ精度の維持をしたうえで、ChainNC の短所である End-End 遅延時間の長さの要因となる NC 機会の少なさを改善できると考えられる。しかし、OpportunisticsNC をより有効に適用するためには、閾値 G、R.R. ウィンドウサイズの値を最適化する必要がある。そこで、今後はこれらに関して評価実験を行っていく。

参考文献

- [1] G. Kortuem, F. Kawsar, D. Fitton and V. Sundramoorthy : Smart objects as building blocks for the Internet of things, IEEE Internet Computing, Vol.14, No.1, pp.44-51, 2010
- [2] 久保, 柳原, 野崎 : 無線センサネットワークの省電力化技術, OKI テクニカルレビュー, 第 214 号 Vol76, 2009
- [3] 白石, 安達, 滝沢 : センサネットワークにおけるネットワークコーディングの効率的通信方式の検討, 情報処理全国大会, 2011
- [4] S.Katti, H.Rahul, W.Hu, D.Katabi, M.Médard, J.Crowcroft: XORs in The Air: Practical Wireless Network Coding, IEEE/ACM Transaction on Networking, 2008